PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G05B 19/42, B23K 26/08

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/04223

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 19. April 1990 (19.04.90)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE89/00644

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Oktober 1989 (10.10.89)

(30) Prioritätsdaten:
P 38 34 783.0 12. Oktober 1988 (12.10.88) DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: VAN DIJK, Johannes, Wilhelmus [NL/DE]; Im Lerchengrund 31, D-5063 Overath-Brombach (DE).

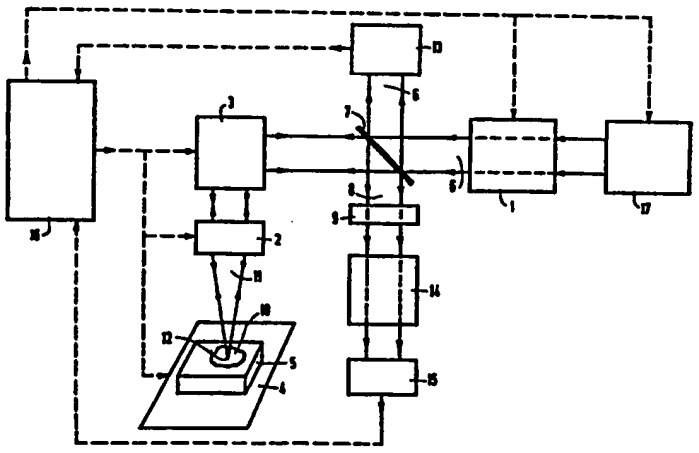
(74) Anwalt: DAHLKE, LIPPERT & STACHOW; Frankenforster Strasse 135-137, D-5060 Bergisch Gladbach 1 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK, FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), SU, US.

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR SURFACE MACHINING BY MEANS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OBERFLÄCHENBEARBEITUNG MITTELS ELEKTROMAGNETISCHER STRAHLUNG



(57) Abstract

The graphic elements of a document are reproduced on the surface of a workpiece (5) that is machined by focussed electromagnetic radiati n (11), in particular laser radiati n. In an installation for scanning the document and for machining the surface of the workpiece (5), the document, for example a drawing, is first scanned by electromagnetic radiation and an electronic reproduction of the document is prepared in the control and memory unit (16) that controls the installation. The surface f the workpiece (5) that takes the place of the document is machined according to this electronic reproduction. The same radiation guiding (3, 4) and focussing means (2), controlled by the same programme, are used for scanning and for machining. The machining process can be repeated on a plurality of workpieces (5). Small errors in the reproduction of the optical elements used in the focussing means (2) d n t affect the quality of the reproduction. Only simple programmes are required for electronically controlling the installation. It is possible to include vari us quality control means in this process and in the corresponding devices.

(57) Zusammenfassung

Die graphischen Elemente einer Vorlage werden auf der Oberfläche eines Werkstücks (5) durch Bearbeitung derselben mit fokussierter elektromagnetischer Strahlung (11), insbesondere Laserstrahlung, reproduziert. In einer sowohl zur Abtastung der Vorlage als auch zur Oberflächenbearbeitung des Werkstücks (5) geeigneten Anlage wird zunächst die Vorlage, beispielsweise eine Zeichnung, mittels elektromagnetischer Strahlung abgetastet und in der die Anlage betreibenden Steuer- und Speichereinheit (16) eine elektronische Aufzeichnung der Vorlage angefertigt. Gemäß dieser Aufzeichnung erfolgt die Bearbeitung der an die Stelle der Vorlage gebrachten Oberfläche des Werkstücks (5). Dabei werden sowohl für den Abtastungs- als auch für den Bearbeitungsvorgang dieselben Strahlführungs- (3, 4) und Fokussierungseinrichtungen (2), gesteuert von demselben Programm, verwendet. Der Bearbeitungsprozeß kann ggf. an einer Mehrzahl von Werkstücken (5) wiederholt werden. Kleinere Abbildungsfehler der in den Fokussierungseinrichtungen (2) verwendeten Optiken beeinträchtigen die Qualität der Reproduktion nicht. Zur elektronischen Steuerung der Anlage sind lediglich einfache Programme erforderlich. Die Einbeziehung vielfältiger Qualitätssicherungseinrichtungen in die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen ist möglich.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Verfahren und Vorrichtung zur Oberflächenbearbeitung mittels elektromagnetischer Strahlung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reproduktion der graphischen Elemente einer Vorlage durch Bearbeitung der Oberfläche eines Werkstücks mit fokussierter, intensitätsmodulierbarer elektromagnetischer Strahlung, sowie eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung.

Die Oberflächenbearbeitung an vielerlei Arten von Werkstücken, insbesondere zur Beschriftung oder Markierung, mittels elektromagnetischer Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, hat sich zu einem fertigungstechnischen Verfahren größter Bedeutung entwickelt. Gegenüber mechanischen oder chemischen Markierungs- und Beschriftungsverfahren hat der Einsatz elektromagnetischer Strahlung zur Bearbeitung insbesondere den Vorteil, daß die mechanische Beanspruchung der zu bearbeitenden Werkstücke bzw. ihre chemische Beanspruchung durch aggressive Stoffe gänzlich entfällt. Komplizierte Einspannvorrichtungen oder abgeschlossene Systeme für gefährliche Stoffe sind nicht erforderlich. Rechnergesteuerte Systeme zur Oberflächenbearbeitung mittels elektromagnetischer Strahlung sind somit zur Integration in komplexe Fertigungsanlagen ideal geeignet.

Laser-Bearbeitungsgeräte gemäß dem Stand der Technik weisen jedoch einige Nachteile auf, die ihre Anwendung unter Umständen problematisch erscheinen lassen. Zwei Arten von Laser-Beschriftungsanlagen sind bisher bekannt:
In Anlagen der ersten Art werden als Vorlagen für die auf die Werkstückoberfläche aufzubringenden Muster Masken verwendet, die z. B. unmittelbar auf die zu bearbeitende Oberfläche aufgelegt werden. Aufbau und Steuerung solcher Anlagen sind einfach, jedoch ist das Repertoire an verfügbaren Mustern notwendigerweise gering.
In einer weiteren Art von Anlagen wird die Oberflächenbearbeitung durchgeführt, indem z. B. ein intensitätsmodulier-

barer Laserstrahl auf die zu bearbeitende Oberfläche fokussiert wird, wobei der Fokuspunkt z. B. über bewegliche Spiegel oder bewegliche Spannvorrichtungen über die zu bearbeitende Oberfläche hinwegbewegt werden kann. Die Steuerung der Bewegung des Fokuspunktes über die Oberfläche und die Steuerung der Strahlleistung erfolgen dabei üblicherweise durch einen Prozeßrechner. Das graphische Repertoire solcher Anlagen ist hoch; in der Praxis wird es dadurch begrenzt, daß der Programmieraufwand zur Erstellung einer Graphik sehr hoch ist. In den Anlagen der zweiten Art gemäß dem Stand der Technik kann daher in der Regel das graphische Repertoire nur mit beträchtlichen Einschränkungen ausgenutzt werden. Ihr Einsatz bei Anwendungen, die die gleichzeitige Verfügbarkeit einer Vielzahl aufwendiger Graphiken erfordern, ist problematisch. Ein weiterer Nachteil aller bisher bekannten Laser-Bearbeitungsanlagen besteht in der Forderung nach sehr hoher Güte, insbesondere praktisch vollständiger Verzeichnungsfreiheit, bei den verwendeten optischen Elementen. Diese Forderung treibt die Kosten einer Laser-Bearbeitungsanlage unter Umständen nach oben.

Bei der vorliegenden Erfindung stellt sich die Aufgabe der Schaffung eines Systems zur Oberflächenbearbeitung mit elektromagnetischer Strahlung, das bei minimalem Programmieraufwand die Realisierung eines sehr komplexen graphischen Repertoires erlaubt, damit insbesondere für Anwendungen geeignet ist, die die gleichzeitige Verfügbarkeit mehrerer graphischer Muster erfordern, und darüber hinaus gegenüber dem Stand der Technik deutlich verringerte Anforderungen an die einzusetzenden optischen Elemente stellt.

Die Erfindung löst die Aufgabe mit einem Verfahren zur Reproduktion der graphischen Elemente einer Vorlage durch Bearbeitung der Oberfläche eines Werkstücks mit einem fokussierten, intensitätsmodulierbaren Bearbeitungsstrahl aus elektromagnetischer Strahlung, dessen Brennpunkt etwa auf der

Oberfläche liegt, unter Einbeziehung folgender Schritte:
a) Die Vorlage wird mit einem Abtastungsstrahl aus elektromagnetischer Strahlung elektronisch gesteuert abgetastet, und der graphische Inhalt der Vorlage wird elektronisch aufgezeichnet;
b) Das Werkstück wird an die Stelle der Vorlage gebracht;
c) Das Werkstück wird mit dem Bearbeitungsstrahl elektronisch gesteuert bearbeitet gemäß der Aufzeichnung;
wobei der Abtastungsstrahl und der Bearbeitungsstrahl von denselben Strahlführungs- und Fokussierungseinrichtungen auf die Vorlage bzw. das Werkstück geleitet werden.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Abtastung einer Vorlage und/oder Bearbeitung eines Werkstücks mit fokussierter elektromagnetischer Strahlung, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend:
a) mindestens eine erste Strahlenquelle für einen etwa parallelen primären Strahl als Bearbeitungsstrahl und/oder Abtastungsstrahl,
b) mindestens eine Fokussierungseinrichtung zur Fokussierung des primären Strahls auf die Bearbeitungszone auf der Oberfläche des Werkstücks bzw. der Vorlage,
c) mindestens eine Führungseinrichtung zur Verschiebung von Brennpunkt und Oberfläche des Werkstücks bzw. der Vorlage relativ zueinander, und
d) eine Steuer- und Speichereinheit, insbesondere zur Steuerung der ersten Strahlenquelle, der Fokussierungseinrichtung(en) und der Führungseinrichtung(en), wobei Einrichtungen vorhanden sind, mit denen die von dem Werkstück bzw. der Vorlage ausgehende, durch Bestrahlung mit dem primären Strahl hervorgerufene, sekundäre Strahlung analysierbar ist und die einen Detektor umfassen, dessen Ausgangssignale der Steuer- und Speichereinheit zugeführt werden.

Wesentlich dabei ist es, das darzustellende Muster der Bearbeitungsanlage nicht in Form eines Programms zu übergeben.

In einer Anlage, die sowohl zur Abtastung als auch zur Bearbeitung geeignet ist, wird zunächst eine das darzustellende Muster enthaltende Vorlage, etwa eine Zeichnung, abgetastet und in der die Anlage betreibenden Steuer- und Speichereinheit eine elektronische Aufzeichnung der Vorlage angefertigt. Anschließend ist gemäß dieser Aufzeichnung das an die Stelle der Vorlage gebrachte Werkstück zu bearbeiten, wobei der Bearbeitungsprozeß an einer Mehrzahl von Werkstücken wiederholt werden kann. Dabei werden sowohl für den Abtastungs- als auch für den Bearbeitungsvorgang dieselben Strahlführungs- und Fokussierungseinrichtungen, gesteuert von demselben Programm, verwendet. Auf diese Weise wirken sich kleinere Verzeichnungsfehler, wie sie bei einfacheren Optiken vorkommen können, praktisch nicht aus. Zur Erstellung der elektronischen Aufzeichnung des Vorlageninhalts können bekannte, einfache Prozeduren verwendet werden.

Erfindungsgemäß ist unter Verwendung eines einzigen Systems zur Strahlführung und Strahlfokussierung zunächst der graphische Inhalt einer Vorlage, beispielsweise einer Zeichnung, elektronisch aufzuzeichnen und anschließend gemäß der Aufzeichnung die an die Stelle der Vorlage gebrachte Oberfläche eines zu bearbeitenden Werkstücks zu bearbeiten. Die Möglichkeit der Bearbeitung mehrerer Werkstücke im Anschluß an einen einzigen Aufzeichnungsvorgang kann gegeben sein.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich dadurch, daß zur Oberflächenbearbeitung die Strahlung eines Lasers, insbesondere eines Kohlendioxid-, Neodym-YAG- oder Excimer-Lasers, eingesetzt wird.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, zur Abtastung der Vorlage Laserstrahlung einzusetzen.

Vorteilhafte Verwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens

ergeben sich, indem die Bearbeitung des Werkstücks bei einem der im folgenden genannten Prozesse eingesetzt wird:
a) Gravierung, insbesondere lokale Abtragung eines auf ein Substrat aufgebrachten Überzugs;
b) fotochemische Behandlung, z. B. Bewirkung eines lokalen Farbumschlags eines entsprechend sensiblen Farbstoffs;
c) Wärmebehandlung, z. B. zur Erzielung einer lokalen Veränderung in der Kristallstruktur des Substrats der Oberfläche;
d) lokale Veränderung der Konzentration elektrischer Ladungsträger.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens kann zur Abtastung der Vorlage die von ihrer Oberfläche reflektierte Strahlung ausgewertet werden.

Ebenfalls möglich ist es, zur Abtastung der Vorlage von ihrer Oberfläche ausgehende Streustrahlung auszuwerten. Im Rahmen eines solchen Verfahrens können beispielsweise gravierte Vorlagen mit spiegelndem Untergrund, z. B. aus poliertem Metall gefertigt, verwendet werden. Ein solches Verfahren ist vor allem dann vorteilhaft, wenn auf besondere Robustheit der Vorlagen Wert gelegt werden muß. Insbesondere kann zur Abtastung der Vorlage von ihrer Oberfläche ausgehende Fluoreszenzstrahlung ausgewertet werden. Ein solches Verfahren ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Reproduktion nicht sämtliche Inhalte der Vorlage betreffen soll. Es ist vor allem dann anzuwenden, wenn Vorlagen vielfach angewendet werden sollen und im Lauf der Benutzung Beeinträchtigungen, insbesondere durch Staub oder Schmutz, zu befürchten sind. Durch die Verwendung fluoreszierender Stoffe zur Ausführung der Vorlagen kann eine weitgehende Beeinträchtigungsfreiheit von leichter Oberflächenverschmutzung erreicht werden.

Eine günstige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens

ergibt sich dann, wenn Abtastung und Bearbeitung im Rahmen eines Punktrasters erfolgen.

Vorteilhaft ist es, während der Bearbeitung die Leistung des primären Strahls zu überwachen und zu regeln. Hierdurch kann gewährleistet werden, daß Bearbeitungsfehler durch zu intensive Behandlung vermieden werden.

Es ergibt sich eine besondere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn sowohl zur Abtastung wie auch zur Bearbeitung ein Strahl aus derselben intensitätsmodulierbaren Strahlquelle eingesetzt wird. Es ist in einer Vorrichtung realisierbar, die nur eine einzige Strahlenquelle aufweist; ansonsten erforderliche Mittel zur Umschaltung von einer ersten auf eine weitere Strahlenquelle können wegfallen. Darüber hinaus ist auch keine Beeinträchtigung des Reproduktionsverfahrens dadurch zu befürchten, daß die den verschiedenen Quellen entstammenden Strahlen unterschiedliche Grade an Parallelität aufweisen könnten.

Eine Weiterbildung der Erfindung umfaßt die Verwendung unterschiedlicher Strahlen für Abtastung und Bearbeitung. Ein solches Verfahren kann insbesondere dann Vorteile bringen, wenn etwa bei der Abtastung der Vorlage Fluoreszenzstrahlung ausgewertet werden soll. Für die Bearbeitung kann z. B. auf einen der üblichen verfügbaren Hochenergie-Laser zurückgegriffen und für die Abtastung eine Strahlenquelle eingesetzt werden, deren Wellenlänge so gewählt ist, daß die von der Vorlagenoberfläche ausgehende Fluoreszenzstrahlung in möglichst hoher Intensität auftritt; beispielsweise könnte ein durchstimmbarer Farbstofflaser Anwendung finden. Gemäß Variante werden für Bearbeitung und Abtastung Strahlungen verschiedener Wellenlängen eingesetzt.

Weiterhin kann, sofern die beim erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Fokussierungseinrichtung von der zur Durchführung des Verfahrens eingesetzten Steuer- und Speichereinheit nachstellbar ist, bei jedem Vorgang, in dem die sekundäre Strahlung beobachtet wird, die Einstellung der Fokussierungseinrichtung optimiert werden, indem sie derart nachgestellt wird, daß die Intensität der beobachteten sekundären Strahlung maximal wird. Dadurch ergibt sich eine weitere Anhebung der Qualität der Verfahrenserzeugnisse, denn es werden die durch die Defokussierung entstehenden Konturenunschärfen in den beim Bearbeitungsprozeß hergestellten Graphiken vermieden; darüber hinaus sind Bearbeitungsfehler durch zu niedrige Strahlintensitäten ausgeschlossen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt mindestens eine intensitätsmodulierbare Strahlenquelle für einen etwa parallelen primären elektromagnetischen Strahl, eine Einrichtung zur Fokussierung dieses Strahls auf die Oberfläche von Vorlage bzw. Werkstück, mindestens eine Führungseinrichtung zur relativen Verschiebung des Brennpunkts auf der Oberfläche sowie eine Steuer- und Speichereinheit, die insbesondere zur Steuerung der vorgenannten Einrichtungen dient. Erfindungsgemäß sind weiterhin Einrichtungen vorhanden, die eine Untersuchung der von der Bearbeitungszone auf Werkstück bzw. Vorlage ausgehenden, durch Bestrahlung hervorgerufenen sekundäre Strahlung ermöglichen. Diese Einrichtungen umfassen insbesondere einen Detektor für den Nachweis dieser sekundären Strahlung, dessen Ausgangssignale der Steuer- und Speichereinheit zugeführt werden. Auf Einzelheiten der Ausgestaltung der Führungseinrichtungen kommt es bei der Erfindung nicht an; die Bewegung des Brennpunktes über die Oberfläche von Vorlage oder Werkstück kann sowohl mit bekannten Spiegelsystemen zur Bewegung des Strahls als auch mit in zwei Richtungen beweglichen Einspannvorrichtungen zur Verschiebung von Vorlage bzw. Werkstück, oder mit Kombinationen aus beiden, bewerkstelligt werden. Im Fall, daß Systeme beweglicher Spiegel

zur Strahlführung eingesetzt werden, ist auch deren Positionierung, in Richtung des primären Strahls gesehen vor oder hinter der Fokussierungseinrichtung, im Sinne der Erfindung weitgehend unerheblich. Wesentlich ist nur, daß alle vorhandenen Einrichtungen, die die Position des Brennpunktes auf Vorlage oder Werkstück bestimmen, in Richtung des primären Strahls gesehen hinter den Analyseeinrichtungen für die sekundäre Strahlung angeordnet sind. Das Ausgangssignal des Detektors ist unabhängig von der Position des Strahls auf Vorlage bzw. Werkstück; seine Höhe hängt im wesentlichen allein von der Beschaffenheit der Oberfläche, von der die empfangene sekundäre Strahlung ausgeht, ab. Bei der Abtastung einer Vorlage kann somit in einfacher Weise durch Abspeicherung des Detektor-Ausgangssignals in Abhängigkeit von der Einstellung der Führungseinrichtungen im Speicher der Steuer- und Speichereinheit eine elektronische Aufzeichnung des Vorlageninhalts in bekannter Weise erfolgen. Falls die Abtastung nur fein genug erfolgt, spielen Einzelheiten der Zusammenhänge der Bewegungen der Führungseinrichtungen und der Verschiebung des Brennpunkts auf der Vorlagenoberfläche keinerlei Rolle, da die in der elektronischen Aufzeichnung entstandenen Verzerrungen bei der Werkstückbearbeitung genau dadurch wieder ausgeglichen werden, daß zur Führung des bearbeitenden Strahls dasselbe Fokussierungs- und Führungssystem, gesteuert nach demselben Programm, verwendet wird. Dies erlaubt insbesondere die Verwendung von Optiken mit leichten Verzeichnungsfehlern.

In Weiterbildung der Vorrichtung kann unter den Einrichtungen zur Analyse der sekundären Strahlung ein teilreflektierendes Element vorgesehen werden, das zwischen der Strahlenquelle und dem System zur Fokussierung und Führung im primären Strahl angeordnet ist und einen Teil der sekundären Strahlung aus dem Weg des primären Strahls herauslenken und weiteren Einrichtungen zur Analyse zuführen kann. Ein solches Element trennt die sekundäre Strahlung von der primären

Strahlung ab, was die weitere Analyse der sekundären Strahlung beträchtlich vereinfacht.

Zweckmäßig ist es, als teilreflektierendes Element einen teilreflektierenden, vorzugsweise etwa ebenen, Spiegel vorzusehen, der etwa schräg zur Richtung des primären Strahls angeordnet ist und somit die sekundäre Strahlung etwa im rechten Winkel aus dem primären Strahl herausführt.

In vorteilhafter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vorgeschlagen, den Einrichtungen zur Analyse der sekundären Strahlung mindestens ein selektives Element, insbesondere ein spektrales Filter oder ein Polarisationsfilter, zuzuordnen. Diese Maßnahme kann wirkungsvoll eingesetzt werden, wenn aus dem Inhalt der Vorlage nur ein gewisser Teil reproduziert werden soll. Insbesondere können Störungen aus leichten Verschmutzungen der Vorlage unterdrückt werden, oder es kann aus einer mehrfarbigen Vorlage eine einzelne Farbkomponente ausgewählt werden. Dies kann insbesondere dann vorteilhaft sein, wenn eine fluoreszierende Vorlage verwendet wird. Auch ist der Einsatz einer solchen Vorrichtung vorteilhaft, wenn das Bearbeitungsverfahren eine Farbveränderung der Oberfläche des Werkstücks beinhaltet: in diesem Falle ist es möglich, durch Beobachtung der sekundären Strahlung die Farbveränderung direkt nachzuweisen und somit den Bearbeitungsvorgang unmittelbar zu kontrollieren.

Günstig ist die Einbeziehung eines optischen Verstärkers zu den Einrichtungen zur Analyse der sekundären Strahlung. Der Reflexionsgrad des teilreflektierenden Elementes im Weg des primären Strahls muß notwendigerweise sehr gering bleiben, um die Intensität des primären Strahls nicht maßgeblich zu beeinträchtigen. Die Intensität der von dem teilreflektierenden Element abgelenkten sekundären Strahlung ist daher in der Regel sehr niedrig. Zur Erzielung einer hohen Nachweisgenauigkeit ist daher die Anordnung eines verstärkenden Elementes vor dem

Detektor sinnvoll.

Als weitere Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vorgeschlagen, in dem Detektor zum Nachweis der sekundären Strahlung eine Meßanordnung für die Intensität der eintreffenden Strahlung, insbesondere eine Fotodiode, vorzusehen. Ein solcher Detektor stellt damit ein besonders einfaches und betriebssicheres Meßgerät dar.

Zweckmäßig ist weiterhin, dem Detektor zum Nachweis der sekundären Strahlung eine Meßanordnung zur Bestimmung der Intensitätsverteilung über den Querschnitt der eintreffenden Strahlung, insbesondere eine Kamera, beizugeben. Mit einem solchen Meßgerät werden sehr detaillierte Untersuchungen der Werkstückoberfläche, die die beobachtete sekundäre Strahlung emitiert, möglich, indem die beobachtete Intensitätsverteilungen, die unter anderem durch Interferenzen entstehen können, ausgewertet werden.

In Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird der Teil der primären Strahlung, der durch das teilreflektierende Element aus dem Strahlweg des Hauptteils dieser Strahlung herausgelenkt wird, einer Meßeinrichtung, insbesondere einer Kamera, zugeführt. Somit ist in einfacher Weise die Überwachung der primären Strahlung hinsichtlich ihrer Leistung und hinsichtlich des Strahlprofils - und damit eventuelle Steuerung der Strahlenquellen - möglich.

Mit Vorteil kann auch mindestens eine weitere Strahlenquelle vorgesehen werden, deren Strahl zumindest teilweise mit dem der ersten Strahlenquelle entstammenden Strahl zusammenfällt, ungefähr dieselbe Qualität wie dieser aufweist und gleichzeitig mit diesem durch die Fokussierungseinrichtung und die Führungseinrichtungen in etwa denselben Brennpunkt fokussierbar ist. Weitere Strahlenquellen werden in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bevorzugt für Zwecke der Abtastung eingesetzt, da

damit die ansonsten notwendige Forderung nach einer sehr starken Drosselbarkeit der Ausgangsleistung der ersten Strahlenquelle entfällt. Weiterhin ist es möglich, im Falle mehr als einer weiteren Strahlenquelle eine mehrfarbige Vorlage mit Licht verschiedener Farben abzutasten und auf diese Weise eine Aufzeichnung der Vorlage zu erhalten, die Farbinformationen enthält. Eine solche Vorrichtung ist damit zur Herstellung farbiger Muster auf entsprechenden Werkstückoberflächen verwendbar.

Günstig ist es, als Strahlenquelle für den Bearbeitungsstrahl einen Laser zu wählen. Besonders zweckmäßig ist es als Strahlenquellen ausschließlich Laser einzusetzen.

In vorteilhafter Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mehreren Strahlenquellen und einem selektiven Element vor dem Detektor zum Nachweis der sekundären Strahlung werden die Wellenlängen der Strahlungen weiterer Quellen von der Wellenlänge der Strahlung der ersten Quelle verschieden gewählt. Es ist beispielsweise ein Kohlendioxid-Laser als erste Quelle, zur Lieferung des bearbeitenden Strahls, und mindestens ein Farbstoff-Laser als Lieferant(en) weiterer Strahlungen, vorzugsweise im sichtbaren Bereich für eine farbempfindliche Abtastung der Vorlage, denkbar. Das selektive Element wird zweckmäßigerweise so gewählt, daß es Strahlung der Wellenlänge der Strahlung der ersten Quelle nicht durchläßt. Ein Schutz des Detektors für die sekundäre Strahlung gegen übermäßige Beanspruchung ist damit gegeben.

Weitere Erläuterungen der Erfindung erfolgen anhand der Zeichnung. Diese zeigt eine erste Strahlenquelle 1, die den insbesondere zur Bearbeitung des Werkstücks 5 eingesetzten primären Strahl 6 liefert. Der aus der ersten Strahlenquelle 1 austretende primäre Strahl 6 durchquert zunächst das teilreflektierende Element 7, das z. B. in einem ebenen, schräg zum primären Strahl 6 gestellten

teildurchlässigen Spiegel bestehen kann. Das teilreflektierende Element 7 lenkt einen Teil des primären Strahls 6 ab; dieser abgetrennte Teil wird einem Detektor 13 zur Analyse der primären Strahlung zugeführt. Der überwiegende Teil des primären Strahls 6 gelangt zu einer Führungseinrichtung 3, die beispielsweise aus mehreren beweglichen Spiegeln bestehen könnte. Hinter der Führungseinrichtung 3 ist die Fokussierungseinrichtung 2, bestehend z. B. aus einem üblichen Linsensystem, angeordnet. Die Fokussierungseinrichtung 2 fokussiert den primären Strahl 6 derart, daß der Brennpunkt 12 des fokussierten Strahls 11 möglichst genau in der Bearbeitungszone 10 auf der Oberfläche des Werkstücks 5 zu liegen kommt. Das Werkstück 5 befindet sich auf einer weiteren Führungseinrichtung 4, die z. B. in einem zweiachsig verschiebbaren Tisch bestehen könnte. Durch die Bestrahlung wird eine von der Bearbeitungszone 10 ausgehende sekundäre Strahlung hervorgerufen. Diese sekundäre Strahlung kann sowohl in von der Bearbeitungszone 10 reflektierter oder gestreuter Strahlung, als auch in thermischer oder andersartiger Strahlung bestehen. Nach Durchqueren der Fokussierungseinrichtung 2 und der Führungseinrichtung 3 gelangt die sekundäre Strahlung zum teilreflektierenden Element 7, wo ein Teil 8 von ihr aus dem Weg des primären Strahls 6 herausgelenkt wird. Dieser abgetrennte Teil 8 der sekundären Strahlung durchquert ein Filterelement 9, das aus dem gesamten Spektrum der sekundären Strahlung einen Teil ausblendet. Zur Beobachtung thermischer sekundärer Strahlung, hervorgerufen beispielsweise durch Bestrahlung des Werkstücks 5 mit der infraroten Strahlung eines Kohlendioxid-Lasers, könnte das Filter 9 für infrarote Strahlung undurchlässig, für sichtbares Licht, wie es z. B. beim Glühen entsteht, durchlässig sein. In Richtung des Strahlengangs der sekundären Strahlung 8 gesehen hinter dem Filter 9 folgt ein optischer Verstärker 14, der die Intensität der sekundären Strahlung 8 vervielfacht. Auf den optischen Verstärker 14 folgt schließlich der Detektor 15 zum Nachweis der sekundären Strahlung 8. Der Detektor 15 besteht im

einfachsten Fall aus einer entsprechend beschalteten Fotodiode. Es sind jedoch auch Ausgestaltungen denkbar, bei denen als Detektor 15 eine Kamera Anwendung findet. Ein solcher komplizierter Detektor 15 würde z. B. eine sehr ins Detail gehende Inspektion der untersuchten Oberfläche des Werkstücks 5 erlauben. Weiterhin kann eine weitere Strahlenquelle 17 vorgesehen werden, die zur Abtastung einer Vorlage dienende Strahlung liefert, deren Intensität wesentlich geringer als die Intensität der zur Bearbeitung eingesetzten Strahlung aus der ersten Strahlenquelle ist. Strahlung aus der weiteren Strahlenquelle 17 muß im dargestellten Beispiel zunächst die erste Strahlenquelle 1 durchqueren. Strahlenquellen, die solches erlauben, sind bekannt. Zur Steuerung der gesamten Anlage dient die Steuer- und Speichereinheit 16, die vorzugsweise in einem üblichen Kleincomputer besteht. Die Steuer- und Speichereinheit kontrolliert die Strahlenquellen 1 und 17 sowie die Fokussierungseinrichtung 2 und die Führungseinrichtungen 3 und 4. Sie wird weiterhin eingesetzt, um die Ausgangssignale der beiden Detektoren 13 und 15 auszuwerten. Dabei besteht die Auswertung des Ausgangssignals des Detektors 13 für primäre Strahlung vor allem darin, die Ausgangsleistung und eventuell die Strahlqualität der gerade im Betrieb befindlichen Strahlenquelle 1 oder 17 zu überwachen und zu regeln. Das Ausgangssignal des Detektors 15 für sekundäre Strahlung wird beim Abtastungsprozeß in bekannter Weise zur Erstellung der Aufzeichnung des Vorlageninhalts herangezogen; beim Bearbeitungsprozeß kann das Ausgangssignal des Detektors 15, wie bereits beschrieben, zur Überwachung und Steuerung des Bearbeitungsprozesses herangezogen werden.

Die vorliegende Erfindung liefert ein universell einsetzbares System zur Realisierung von Oberflächenbearbeitungsprozessen, das sehr hohe Flexibilität mit einem minimalen Aufwand an Software und Hardware verbindet und darüber hinaus die Realisierung vielfältiger Qualitätssicherungseinrichtungen erlaubt.

Bezugszeichenliste

1 erste Strahlenquelle
2 Fokussierungseinrichtung
3 Führungseinrichtung
4 Führungseinrichtung
5 Werkstück
6 primärer Strahl
7 teilreflektierendes Element
8 sekundärer Strahl
9 selektives Element
10 Bearbeitungszone
11 fokussierter Strahl
12 Brennpunkt
13 Detektor für primäre Strahlung
14 optischer Verstärker
15 Detektor für sekundäre Strahlung
16 Steuer- und Speichereinheit
17 weitere Strahlenquelle(n)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reproduktion der graphischen Elemente einer Vorlage durch Bearbeitung der Oberfläche eines Werkstücks (5) mit einem fokussierten, intensitätsmodulierbaren Bearbeitungsstrahl aus elektromagnetischer Strahlung (11), dessen Brennpunkt (12) etwa auf der Oberfläche liegt, unter Einbeziehung folgender Schritte:
a) Die Vorlage wird mit einem Abtastungsstrahl aus elektromagnetischer Strahlung (11) elektronisch gesteuert abgetastet, und der graphische Inhalt der Vorlage wird elektronisch aufgezeichnet;
b) Das Werkstück (5) wird an die Stelle der Vorlage gebracht;
c) Das Werkstück (5) wird mit dem Bearbeitungsstrahl elektronisch gesteuert bearbeitet gemäß der Aufzeichnung;
wobei der Abtastungsstrahl und der Bearbeitungsstrahl von denselben Strahlführungs- (3, 4) und Fokussierungseinrichtungen (2) auf die Vorlage bzw. das Werkstück (5) geleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in dem Bearbeitungsstrahl Laserstrahlung, insbesondere entstammend einem CO_2-, Neodym-YAG- oder Excimer-Laser, eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß in dem Abtastungsstrahl Laserstrahlung eingesetzt wird.

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Bearbeitung des Werkstücks (5) durch einen der folgenden Prozesse gegeben ist:
a) Gravierung
b) fotochemische Behandlung
c) Wärmebehandlung, insbesondere zur Erzielung einer Texturveränderung

d) Erstellung einer elektrostatischen Aufzeichnung

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abtastung der Vorlage von ihrer Oberfläche reflektierte Strahlung ausgewertet wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abtastung der Vorlage von ihrer Oberfläche ausgehende gestreute Strahlung, insbesondere Fluoreszenzstrahlung, ausgewertet wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Abtastung und Bearbeitung nach einem Punktraster erfolgen.

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während der Bearbeitung die Leistung des Bearbeitungsstrahls überwacht und geregelt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abtastung und zur Bearbeitung dieselbe Strahlung (11) eingesetzt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abtastung mindestens eine andere Strahlung (11) als zur Bearbeitung eingesetzt wird.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Bearbeitung eingesetzte Strahlung eine andere Wellenlänge als die zur Abtastung eingesetzte Strahlung hat.

12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während der Abtastung oder der Bearbeitung die Fokussierungseinrichtung (2) derart nachgestellt wird, daß die Intensität der sekundären Strahlung (8) maximal wird.

13. Vorrichtung zur Abtastung einer Vorlage und/oder Bearbeitung eines Werkstücks (5) mit fokussierter elektromagnetischer Strahlung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend:
a) mindestens eine erste Strahlenquelle (1) für einen etwa parallelen primären Strahl (6) als Bearbeitungsstrahl und/oder Abtastungsstrahl,
b) mindestens eine Fokussierungseinrichtung (2) zur Fokussierung des primären Strahls (6) auf die Bearbeitungszone (10) auf der Oberfläche des Werkstücks (5) bzw. der Vorlage,
c) mindestens eine Führungseinrichtung (3, 4) zur Verschiebung von Brennpunkt (12) und Oberfläche des Werkstücks (5) bzw. der Vorlage relativ zueinander, und
d) eine Steuer- und Speichereinheit (16), insbesondere zur Steuerung der ersten Strahlenquelle (1), der Fokussierungseinrichtung(en) (2) und der Führungseinrichtung(en) (3, 4), dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen (7, 9, 14, 15) vorhanden sind, mit denen die von dem Werkstück (5) bzw. der Vorlage ausgehende, durch Bestrahlung mit dem primären Strahl (6) hervorgerufene, sekundäre Strahlung (8) analysierbar ist und die einen Detektor (15) umfassen, dessen Ausgangssignale der Steuer- und Speichereinheit (16) zugeführt werden.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen (7, 9, 14, 15) zur Analyse der sekundären Strahlung (8) ein teilreflektierendes Element (7) umfassen, das zwischen erster Strahlenquelle (1) und Fokussierungs- (2) bzw.

Führungseinrichtung (3) angeordnet ist und durch das ein Teil der sekundären Strahlung (8) aus dem Bereich des primären Strahls (6) in weitere Einrichtungen (9, 14, 15) zur Analyse hineinlenkbar ist.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das teilreflektierende Element (7) aus einem teilreflektierenden, vorzugsweise etwa ebenen, Spiegel, der etwa schräg zur Richtung des primären Strahls (6) angeordnet ist, besteht.

16. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13, 14 oder 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Einrichtungen (7, 9, 14, 15) zur Analyse der sekundären Strahlung (8) mindestens ein selektives Element (9), insbesondere ein spektrales Filter oder ein Polarisationsfilter, umfassen.

17. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 bis 16, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Einrichtungen (7, 9, 14, 15) zur Analyse der sekundären Strahlung (8) einen optischen Verstärker (14) umfassen.

18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 bis 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Detektor (15) ein Meßgerät für die Intensität der eintreffenden Strahlung enthält, insbesondere eine Fotodiode.

19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 13 bis 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Detektor (15) ein Meßgerät zur Bestimmung der Intensitätsverteilung über den Querschnitt der eintreffenden sekundären Strahlung (8) enthält, insbesondere eine Kamera.

20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß durch das

teilreflektierende Element (7) ein Teil der Strahlung des primären Strahls (6) in eine Einrichtung (13) zur Analyse der Strahlung lenkbar ist, insbesondere eine Kamera, deren Ausgangssignale der Steuer- und Speichereinheit (16) zuführbar sind.

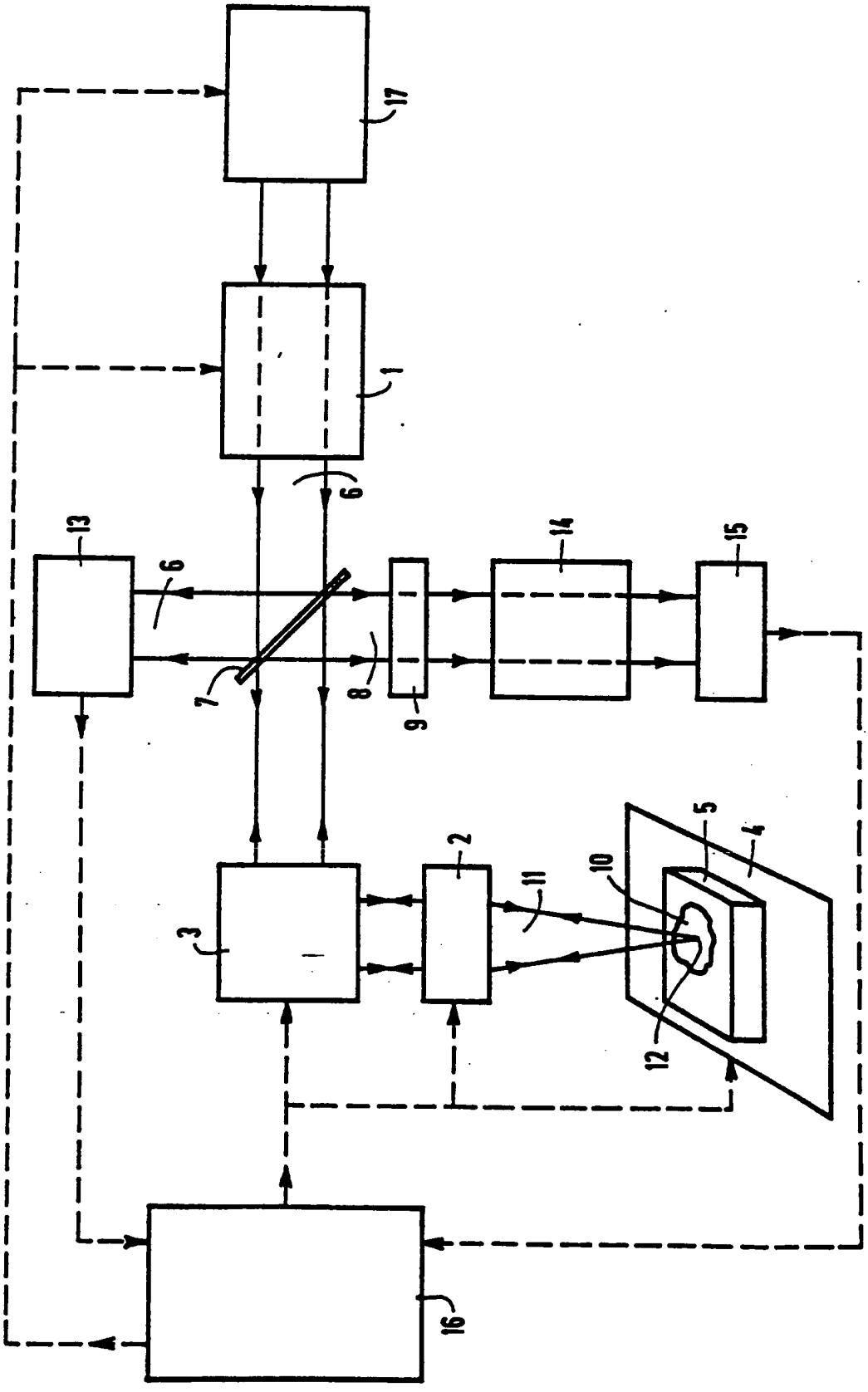
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine weitere Strahlenquelle (17) vorhanden ist, die von der Steuer- und Speichereinheit (16) steuerbar ist und durch die ein Strahl lieferbar ist, der zumindest teilweise mit dem primären Strahl (6) zusammenfällt und gleichzeitig mit diesem durch die Fokussierungseinrichtung (2) in etwa denselben Brennpunkt (12) fokussierbar ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
a) Die Einrichtungen (7, 9, 14, 15) zur Analyse der sekundären Strahlung (8) umfassen mindestens ein selektives Element (9), insbesondere ein spektrales Filter oder ein Polarisationsfilter;
b) Die Wellenlänge der Strahlung der ersten Strahlenquelle (1) ist verschieden von den Wellenlängen der Strahlungen weiterer Strahlenquellen (17);
c) Das selektive Element (9) unterdrückt Stahlungen der Wellenlänge der Strahlung der ersten Strahlenquelle (1).

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Strahlenquelle (1) ein Laser ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß alle Strahlenquellen (1, 17) Laser sind.

1/1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 89/00644

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int. Cl.[5]: G 05 B 19/42 ; B 23 K 26/08

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int. Cl.[5]	B 23 K ; G 05 B

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category [10]	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
A	GB, A, 1594332 (WIGHTMAN) 30 July 1981 see page 1, line 72 - page 4, line 106; figure 1	1, 7
A	FR, A, 2506782 (BENEDITE) 03 December 1982 see page 2, line 16 - page 5, line 12	1, 2, 4 7

[10] Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
08 February 1990 (08.02.90)	23 February 1990 (23.02.90)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
EUROPEAN PATENT OFFICE	

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

PCT/DE 89/00644
SA 31467

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 08/02/90

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
GB-A-1594332	30-07-81	None		
FR-A-2506782	03-12-82	EP-A,B	0079900	01-06-83
		WO-A-	8204266	09-12-82

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82